

УДК 532. 526

Л. Романюк, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

УЗАГАЛЬНЕННЯ МОДЕЛІ ТУРБУЛЕНТНОЇ В'ЯЗКОСТІ РІДИНИ НА ПРОСТОРОВИЙ ВИПАДОК

L. Romaniuk

GENERALIZATION OF THE MODEL OF TURBULENT VISCOSITY OF A FLUID ON THE SPATIAL CASE

При дослідженні просторових зсувних течій узагальнюють напівемпіричні моделі в'язкості, розроблені для плоских течій. Введемо у розгляд зв'язану з обтічною поверхнею декартову систему координат (x_1, x_2, x_3) , побудовану так, що вісь Ox_2 перпендикулярна до поверхні і ідентична y , а осі Ox_1 та Ox_3 лежать у дотичній до поверхні площині. Складові швидкості у дотичній до обтічної поверхні площини позначатимемо відповідно u_1 та u_3 . Тоді формула Прандтля для тримірних потоків узагальнена наступним чином:

$$\nu_t = l^2 \sqrt{\left(\frac{\partial u_1}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial u_3}{\partial y}\right)^2},$$

де коефіцієнт турбулентної в'язкості ν_t розглядається як скалярна величина. При виконанні узагальнень слід враховувати особливість просторової течії, яка полягає у неізотропності, в результаті чого напрямки векторів дотичних напружень і швидкості деформацій не співпадають.

Позначимо через $v_{*i} = \sqrt{\frac{\tau_{wi}}{\rho}}$ проекції динамічної швидкості вздовж напрямків $i = 1, 3$

, де τ_{wi} - проекція напружень тертя на поверхні у напрямку i . Тоді сумарна динамічна швидкість на стінці $v_{*\Sigma} = \sqrt{v_{*1}^2 + v_{*3}^2}$. Дотичні напруження тертя в околі поверхні

$$\tau_{wi} = \rho v_{*i}^2 \tau_i^+, \text{ де } \tau_i^+ = 1 + \phi_i \bar{x}_2 \text{ при } \phi_i \geq 0 \text{ і } \tau_i^+ = \frac{1}{1 - \phi_i \bar{x}_2} \text{ при } \phi_i \leq 0; \bar{x}_2 = \frac{x_2}{\delta}; \phi_i = \frac{\delta}{\tau_{wi}} \frac{\partial p}{\partial x_i}, \frac{\partial p}{\partial x_i}$$

- проекція градієнта тиску на напрямок Ox_i . Для її визначення використаємо формулу:

$$\frac{\partial p}{\partial x_i} = -\rho \left(u_{H1} \frac{\partial u_{H\Sigma}}{\partial x_1} + u_{H3} \frac{\partial u_{H\Sigma}}{\partial x_3} \right).$$

Масштаб швидкості у пристінній області визначається так:

$$v_{**\Sigma} = \sqrt{\frac{\tau_{\Sigma*}}{\rho}} = \sqrt{v_{*1}^2 \tau_1^+ + v_{*3}^2 \tau_3^+} = v_{*\Sigma} \sqrt{\left(\frac{v_{*1}}{v_{*\Sigma}}\right)^2 \tau_1^+ + \left(\frac{v_{*3}}{v_{*\Sigma}}\right)^2 \tau_3^+}.$$

Тоді

$$\nu_{twl} = k_0 Y^+ \nu D_m, \quad D_m = th \frac{sh^2(k_1 Y^+) th(sh^2(k_2 Y^+))}{k_0 Y^+},$$

$$\text{де } Y^+ = \frac{y v_{*\Sigma}}{\nu}.$$